

**KARAKTERISTIK *DYE* ORGANIK ALAM DAN PENGARUH PENDOPINGAN
LOGAM BESI (III) SULFAT DALAM EKSTRAK KETAN HITAM (*ORIZA
SATIVA GLUTINOSA*) SEBAGAI *DYE* FOTOSENSITIZER**

TESIS

**Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Magister
Program Studi Ilmu Fisika**





**Oleh
Ashari Bayu Prasada
S911408003**

**PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2016**

**KARAKTERISTIK *DYE* ORGANIK ALAM DAN PENGARUH PENDOPINGAN
LOGAM BESI (III) SULFAT DALAM EKSTRAK KETAN HITAM (*ORIZA SATIVA*
GLUTINOSA) SEBAGAI *DYE* FOTOSENSITIZER**

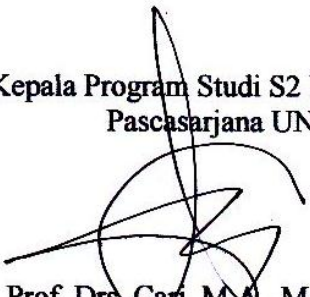
TESIS

Oleh
Ashari Bayu Prasada
S911408003

Komisi Pembimbing	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing I	Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D NIP. 196103061985031002		18 JULI 2016
Pembimbing II	Dr. Agus Supriyanto, M.Si NIP. 196908261999031001		18 Juli 2016

**Telah dinyatakan memenuhi syarat
pada tanggal.....18 JULI.....2016**

**Kepala Program Studi S2 Ilmu Fisika
Pascasarjana UNS**


Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D
NIP. 196103061985031002

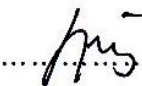
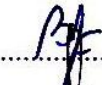

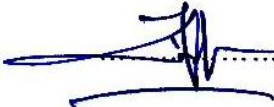
**KARAKTERISTIK DYE ORGANIK ALAM DAN PENGARUH PENDOPINGAN
LOGAM BESI (III) SULFAT DALAM EKSTRAK KETAN HITAM (*ORIZA
SATIVA GLUTINOSA*) SEBAGAI DYE FOTOSENSITIZER**

TESIS

Oleh
Ashari Bayu Prasada
S911408003

Telah dipertahankan di depan penguji
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal 22 JUNI 2016

Tim Penguji :

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Prof. Dra. Suparmi, M.A., Ph.D NIP. 19520915 197603 2 001		12 JULI 2016
Sekretaris	Dr. Eng. Budi Purnama, M.Si NIP. 19731109 200003 1 001		12 JULI 2016
Anggota Penguji	Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D NIP. 19610306 198503 1 002		18 JULI 2016
Anggota Penguji	Dr. Agus Supriyanto, M.Si NIP. 19690826 199903 1 001		18 JULI 2016

Mengetahui :

Direktur
Pascasarjana UNS



Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd
NIP. 19600727 198702 1 001

Kepala Program Studi
S2 Ilmu Fisika



Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D
NIP. 19610306 198503 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul: **“KARAKTERISTIK *DYE* ORGANIK ALAM DAN PENGARUH PENDOPINGAN LOGAM BESI (III) SULFAT DALAM EKSTRAK KETAN HITAM (*ORIZA SATIVA GLUTINOSA*) SEBAGAI *DYE* FOTOSENSITIZER”** ini adalah karya penelitian saya sendiri dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dengan acuan yang disebutkan sumbernya, baik dalam naskah karangan dan daftar pustaka. Apabila ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi, baik Tesis beserta gelar Magister saya dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi Tesis pada jurnal atau forum ilmiah harus menyertakan tim promotor sebagai *author* dan PPs UNS sebagai institusinya. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, Juli 2016



Ashari Bayu Prasada
S911408003

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah SWT, atas berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “**Karakteristik Dye Organik Alam dan Pengaruh Pendopongan Logam Besi III Sulfat Dalam Ekstrak Ketan Hitam (*Oriza sativa glutinosa*) Sebagai Dye Fotosensitizer**”. Penyusunan tesis ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister pada Program Studi Ilmu Fisika Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Terima kasih banyak Penulis haturkan dalam kesempatan ini karena tanpa bantuan dari berbagai pihak, tesis ini tidak dapat terwujud. Diantaranya:

1. Bapak Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd, selaku Direktur Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D, selaku Kepala Program Studi S2 Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta, sekaligus sebagai Pembimbing I yang telah banyak memberikan banyak bimbingan dan arahan serta motivasi kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Dr. Agus Supriyanto, S.Si, M.Si, selaku pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing dan mengajari penulis, serta memberikan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Ilmu Fisika Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta yang telah memberikan pendidikan dan pengajaran dalam Ilmu Fisika.
5. Hibah Penelitian Pascasarjana yang telah mendanai penelitian penulis melalui Program Hibah Pascasarjana Universitas Sebelas Maret (PPS-UNS) dengan No. 698/UN27/PN/2015 Tanggal 11 Mei 2015.
6. Kedua orang tua, keluarga dan orang tersayang yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta motivasi.
7. Rekan-rekan sejawat Magister Ilmu Fisika angkatan September 2014, terima kasih atas kritik dan saran pada tesis ini.

8. Om Iswoko, Om Dwi, dan Mas Erla yang memberikan semangat kepada penulis, sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
9. Teman-teman Mendung IV yang telah memberikan motivasi dan dukungan tinggi, sehingga penulis bisa menyelesaikan tesis ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam proses penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam tesis ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan, hal ini dikarenakan kemampuan penulis yang sangat terbatas. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai acuan tahapan penulisan selanjutnya. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Surakarta, Juli 2016

Penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN dan MOTTO

“Makna belajar bukan untuk menjadi yang paling hebat dari yang lain tetapi dijadikan sebagai perubahan yang indah dalam dirimu”.

(Petrus C. Bahy)

“Kepala yang baik dan hati yang baik selalu merupakan kombinasi yang hebat, namun saat kamu menambahkan lidah atau pena yang terpelajar, maka kamu memiliki sesuatu yang sangat istimewa”.

(Nelson Mandela)

“Situasi yang anda hadapi mungkin tampak buruk, tapi yang terpenting adalah komitmen anda untuk tetap bertekun meraih sukses anda, berikan sesuatu yang lebih dari yang anda harapkan dalam bekerja, maka anda akan lihat yang terbaik juga akan datang pada pekerjaan anda”.

Karya tulis berupa Tesis ini saya Persembahkan kepada:

Orangtua ku dan Keluarga Besar Dulhasyim yang telah memberikan doa, dukungan baik moril dan materi serta motivasi, yang tak terbatas.

Ashari Bayu Prasada, S911408003. **Karakteristik Dye Organik Alam dan Pengaruh Pendopingan Logam Besi III Sulfat Dalam Ekstrak Ketan Hitam (*Oriza sativa glutinosa*) Sebagai Dye Fotosensitizer.** Tesis. Pembimbing I: Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D II: Dr. Agus Supriyanto, M.Si. Program Studi S2 Ilmu Fisika, Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sifat optik (spektrum absorbansi), ikatan molekular *dye*, sifat listrik (konduktivitas) dari *dye* organik alam dan ekstrak ketan hitam yang didoping Fe (III) sulfat dengan konsentrasi 10^{-1} M, 10^{-2} M, 10^{-3} M dan pengaruh variasi konsentrasi pendopingan Fe (III) sulfat dalam ekstrak ketan hitam terhadap karakteristik parameter besaran sel surya. Uji sifat optik *dye* organik alam dan *dye* ekstrak ketan hitam doping Fe (III) sulfat menggunakan *Spectrophotometer UV-Visible Lambda 25*, identifikasi ikatan molekular *dye* menggunakan *FTIR Spectroscopy*, uji fotokonduktivitas menggunakan *El-Kahfi I-V Meter* pada kondisi gelap dan terang dengan penyinaran lampu halogen 250 W/m^2 dan karakterisasi *I-V* DSSC menggunakan *Keithley Type 2602A* dengan penyinaran lampu halogen dengan variasi perendaman 6 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam.

Hasil penelitian menunjukkan spektrum absorbansi masing-masing *dye* organik alam terletak di serapan panjang gelombang 300-700 nm, sedangkan ekstrak ketan hitam yang didoping Fe (III) sulfat memiliki puncak serapan pada panjang gelombang 300-800 nm. Identifikasi ikatan molekular *dye* menggunakan *FTIR* menunjukkan bahwa ekstrak ketan hitam memiliki gugus molekul absorbansi seperti *stretching* O-H alkohol, C-H (alkana), C-H (alkana), C=O *stretching*, C=C (alkena), C-H (alkana), dan C-O *stretching*. Karakteristik konduktivitas dari *dye* dalam penelitian meningkat secara linier di bawah pencahayaan. Karakteristik *I-V* DSSC dari *dye* organik alam yang terbesar dihasilkan oleh *dye* daun pandan pada perendaman 12 jam dengan $V_{oc} = 5,50 \times 10^{-1} \text{ mV}$, $I_{sc} = 4,79 \times 10^{-4} \text{ mA}$, $FF = 1,39 \times 10^{-7}$, dan $\eta_{ef} = 0,160\%$, sedangkan untuk *dye* ekstrak ketan hitam yang didoping Fe (III) sulfat, efisiensi terbesar dihasilkan oleh *dye* ketan hitam doping Fe (III) sulfat dengan konsentrasi 10^{-1} M pada perendaman 24 jam, dengan $V_{oc} = 6,40 \times 10^{-1} \text{ mV}$, $I_{sc} = 1,89 \times 10^{-3} \text{ mA}$, $FF = 4,37 \times 10^{-7}$, dan $\eta_{ef} = 0,148\%$.

Kata kunci : Organik Alam, Besi (III) Sulfat, Ketan hitam, Fotosensitizer

Ashari Bayu Prasada, S911408003. **Characteristics of Natural Organic Dye and The Effect of Doping Iron (III) Sulphate into Black Sticky Rice (*Oriza sativa glutinosa*) Extract as Dye Photosensitizer**. Thesis. Advisor I: Prof. Drs.Cari. M.A., M.Sc., Ph.D II: Dr.AgusSupriyanto, M.Si. Program Study of Physics Science. Post-graduate Program of Sebelas Maret University, Surakarta.

ABSTRACT

The aims of the research are to determine the characteristics of the optical properties (absorbance), molecular bonding of *dye*, electrical properties (conductivity) of natural organic *dye* and black sticky rice extract doped Fe (III) sulphate with a concentration of 10^{-1} M, 10^{-2} M, 10^{-3} M, and the effect of various concentration doping Fe (III) sulphate into black sticky rice extract on the characteristics parameters of solar cells. Test the optical properties of natural organic dye and dye extracts of black sticky rice doping Fe (III) sulphate was measured using *Spectrophotometer UV-Visible Lambda 25*, identification of molecular bonding of dye using *FTIR Spectroscopy*, photoconductivity test by using *El-Kahfi I-V Meter* on the dark and light conditions under irradiation halogen lamp 250 W/m^2 and *I-V* characterization of DSSC by using *Keithley Type 2602A* with irradiation halogen lamp with a variety of immersion during 6 hours, 12 hours, 18 hours, and 24 hours.

The results showed that absorbance spectrum for natural organic *dye* at wavelength of 300-700 nm, while black sticky rice extract doping Fe (III) sulphate has a peak absorption at wavelength of 300-800 nm. Identification of molecular bonding by *dye* by using FTIR showed that black sticky rice extract has a absorbance molecular clusters as *stretching* O-H alcohol, C-H (alkana), C-H (alkana), C=O *stretching*, C=C (alkena), C-H (alkana), and C-O *stretching*. Conductivity characteristics of *dye* in the research increased linearly under illumination. *I-V* characteristics by DSSC of the largest natural organic *dye* produced by pandan leaves *dye* in 12 hours immersion with $V_{oc} = 5,50 \times 10^{-1} \text{ mV}$, $I_{sc} = 4,79 \times 10^{-4} \text{ mA}$, $FF = 1,39 \times 10^{-7}$ and $\eta_{ef} = 0,160\%$, while for *dye* extracted from black sticky rice doping Fe (III) sulphate, the greatest efficiency is produced by black sticky rice doping Fe (III) sulphate with a concentration of 10^{-1} M in 24 hours immersion, with $V_{oc} = 6,40 \times 10^{-1} \text{ mV}$, $I_{sc} = 1,89 \times 10^{-3} \text{ mA}$, $FF = 4,37 \times 10^{-7}$, and $\eta_{ef} = 0,148\%$.

Keywords : Natural Organic, Iron (III) Sulphate, Black Sticky Rice, Photosensitizer

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN PEMBIMBING TESIS	ii
PENGESAHAN PENGUJI TESIS.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSYARATAN PUBLIKASI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN DAN MOTTO	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan Masalah	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	5

BAB II LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka	6
A.1. Sel Surya	6
A.2. <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC)	7
A.3. <i>Material Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC)	8
A.3.a. Substrat Oksida	8
A.3.b. Elektroda Kerja	9
A.3.c. Pewarna (<i>Dye</i>) Organik Alam	9
A.3.d. Deskripsi Daun Lidah Mertua	11
A.3.e. Deskripsi Daun Pandan	12

A.3.f. Deskripsi Daun Jati Cina	13
A.3.g. Deskripsi Bunga Rosella	13
A.3.h. Deskripsi Kembang Sumba	14
A.3.i. Deskripsi Buah Naga	15
A.3.j. Deskripsi Kulit Joho	16
A.3.k. Deskripsi Kayu Secang	17
A.3.l. Deskripsi Ketan Hitam	18
A.3.m. Besi (III) Sulfat	19
A.3.n. Elektrolit	20
A.3.o. Elektroda Lawan	21
A.4. Prinsip Kerja <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC)	21
A.5. Karakterisasi <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC)	23
A.5.a. Karakterisasi arus-tegangan (<i>I-V</i>) DSSC	23
A.5.b. Karakterisasi Sifat Optik Material	25
A.5.c. Karakterisasi Sifat Kimiawi Material	26
A.5.d. Karakterisasi Kelistrikan <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC) ...	31
B. Penelitian yang Relevan	32
C. Kerangka Berfikir	33
D. Hipotesis	35

BAB III METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian	36
B. Waktu Penelitian	36
C. Tatalaksana Penelitian	36
C.1. Alat dan Bahan Penelitian	36
C.2. Metode Penelitian	38
C.3. Prosedur Penelitian	39
C.3.a. Persiapan	39
C.3.b. Pembuatan Pasta TiO ₂	39
C.3.c. Pembuatan Ekstraksi <i>Dye</i> Organik Alam	39
C.3.d. Pembuatan Ekstrak <i>Dye</i> Ketan Hitam	40

C.3.e. Pendopongan Logam Besi (III) Sulfat dalam <i>Dye</i>	42
C.3.f. Pembuatan Elektroda Kerja	42
C.3.g. Pembuatan Larutan Elektrolit	43
C.3.h. Pembuatan Elektroda Lawan	44
C.3.i. Fabrikasi DSSC	44
C.3.j. Karakterisasi <i>Dye</i> Organik Alam	45
C.3.j.1. Karakterisasi Optik (Spektrum Absorbansi)	45
C.3.j.2. Karakterisasi Sifat Kimiawi (Ikatan molekular).....	45
C.3.j.3. Karakterisasi Listrik (Fotokonduktivitas)	46
C.3.j.4. Pengujian Karakteristik I-V DSSC	46

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Absorbansi <i>Dye</i> Organik Alam dan <i>Dye</i> Ketan Hitam doping Fe (III) sulfat	48
B. Karakterisasi FTIR	54
C. Karakterisasi <i>I-V</i> Elektrolit	58
D. KarakteristikKonduktivitas <i>Dye</i> Organik Alam	59
D.1. Karakterisasi Konduktivitas <i>Dye</i> Organik Alam	59
D.2. Karakterisasi Konduktivitas <i>Dye</i> Doping Fe (III) Sulfat dengan variasi konsentrasi	62
E. Karakterisasi <i>I-V</i> DSSC.....	66
E.1. Uji performa DSSC <i>Dye</i> Organik Alam dengan variasi perendaman	66
E.2. Uji performa DSSC untuk pelapisan TiO ₂ 1 kali <i>spin coating</i>	70
E.3. Uji performa DSSC untuk pelapisan TiO ₂ 2 kali <i>spin coating</i>	75
E.4. Uji performa DSSC untuk pelapisan TiO ₂ 3 kali <i>spin coating</i>	80
E.5. Uji performa DSSC untuk pelapisan TiO ₂ 4 kali <i>spin coating</i>	85

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	93
B. Saran	94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Skala Spektrum Cahaya Tampak.....	7
Tabel 2.2. Daerah Gugus Fungsi pada IR.....	29
Tabel 3.1. Jadwal Penelitian	36
Tabel 4.1. Puncak Spektrum Absorbansi <i>Dye</i> Organik Alam	50
Tabel 4.2. Interpretasi Spektra FTIR Ekstrak Ketan Hitam	54
Tabel 4.3. Interpretasi Spektra FTIR Ketan Hitam Doping Fe (III) Sulfat 10 ⁻¹ M	55
Tabel 4.4. Interpretasi Spektra FTIR Ketan Hitam Doping Fe (III) Sulfat 10 ⁻² M	55
Tabel 4.5. Interpretasi Spektra FTIR Ketan Hitam Doping Fe (III) Sulfat 10 ⁻³ M	55
Tabel 4.6. Nilai Konduktivitas Elektrolit	58
Tabel 4.7. Nilai Konduktivitas <i>Dye</i> Organik Alam	61
Tabel 4.8. Nilai Konduktivitas <i>Dye</i> + Logam Fe (III) sulfat dengan variasi konsentrasi	65
Tabel 4.9. Nilai arus dan tegangan dari devais fotosensitizer menggunakan <i>dye</i> organik alam	69
Tabel 4.10. Nilai arus dan tegangan dari devais fotosensitizer dengan 1 kali Pelapisan TiO ₂	74
Tabel 4.11. Nilai arus dan tegangan dari devais fotosensitizer dengan 2 kali Pelapisan TiO ₂	79
Tabel 4.12. Nilai arus dan tegangan dari devais fotosensitizer dengan 3 kali Pelapisan TiO ₂	84
Tabel 4.13. Nilai arus dan tegangan dari devais fotosensitizer dengan 4 kali Pelapisan TiO ₂	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Spektrum Radiasi Matahari	6
Gambar 2.2. Struktur kimia dasar dari antosianin.....	10
Gambar 2.3. Struktur anatomi biji padi.....	18
Gambar 2.4. Prinsip Kerja DSSC berbasis <i>Dye</i> ruthenium (N3).....	22
Gambar 2.5. Kurva <i>I-V Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC)	24
Gambar 2.6. Skema hukum Lambert-Beer memperlihatkan penurunan energi radiasi akibat penyerapan cahaya	25
Gambar 2.7. Regangan Simetri dan Regangan Asimetri.....	27
Gambar 2.8. Perbedaan tipe dari vibrasi tekuk (<i>bending</i>).....	27
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian DSSC.....	38
Gambar 3.2. Ekstraksi Larutan Ketan Hitam	40
Gambar 3.3. Proses Pemisahan menggunakan metode kromatografi kolom.....	41
Gambar 3.4. Skema area deposisi pasta TiO ₂	43
Gambar 3.5. Skema area deposisi Pt (<i>Hexachloroplatinic IV</i>).....	44
Gambar 3.6. a. Ilustrasi perakitan sel surya berbasis DSSC b. DSSC siap uji.....	45
Gambar 3.7. Skema pengukuran arus-tegangan (<i>I-V</i>) menggunakan <i>Elkahfi 100/I-V meter</i>	46
Gambar 3.8. Skema Pengukuran <i>I-V</i> DSSC pada kondisi terang Menggunakan <i>Keithley 2602A</i>	47
Gambar 4.1. Spektra UV-Vis: (a) <i>Dye</i> daun lidah mertua, daun pandan, dan daun jati cina, (b) <i>Dye</i> bunga rosella, kembang sumba, dan buah naga, (c) <i>Dye</i> ketan hitam, kulit joho, dan kayu secang	49
Gambar 4.2. Spektra UV-Vis <i>Dye</i> Ketan Hitam dan <i>Dye</i> Ketan Hitam doping Fe (III) sulfat dengan berbagai konsentrasi	51
Gambar 4.3. Kurva absorbansi TiO ₂ Nano Partikel	53
Gambar 4.4. Spektra FTIR Ekstrak Ketan Hitam dan Ketan Hitam doping Fe (III) sulfat dengan berbagai konsentrasi	54

Gambar 4.5. (a) Struktur kimia dari molekul antosianin (cyanidin-3-glucoside), dan (b) Ikatan antara cyanidin-3-glucoside dengan logam Fe (III) sulfat.....	57
Gambar 4.6. (a) Kurva <i>I-V</i> Elektrolit: NaI + I ₂ , (b) Kurva <i>I-V</i> Elektrolit: KI + I ₂	58
Gambar 4.7. Kurva konduktivitas: (a) <i>Dye</i> ekstrak daun lidah mertua, daun pandan, dan daun jati cina, (b) <i>Dye</i> bunga rosella, kembang sumba, dan buah naga, (c) <i>Dye</i> ketan hitam, kulit joho, dan kayu secang	60
Gambar 4.8. Kurva <i>I-V Dye</i> Ekstrak Ketan Hitam.....	62
Gambar 4.9. Kurva <i>I-V Dye</i> Ketan Hitam + Fe (III) sulfat 10 ⁻¹ M	63
Gambar 4.10. Kurva <i>I-V Dye</i> Ketan Hitam + Fe (III) sulfat 10 ⁻² M.....	63
Gambar 4.11. Kurva <i>I-V Dye</i> Ketan Hitam + Fe (III) sulfat 10 ⁻³ M.....	64
Gambar 4.12. Kurva <i>I-V DSSC Dye</i> Organik Alam Pada Perendaman 12 Jam.....	66
Gambar 4.13. Kurva <i>I-V DSSC Dye</i> Organik Alam Pada Perendaman 24 Jam.....	67
Gambar 4.14. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> /Pt untuk pelapisan TiO ₂ 1 kali <i>spin coating</i>	70
Gambar 4.15. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat 10 ⁻¹ M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 1 kali <i>spin coating</i>	71
Gambar 4.16. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat 10 ⁻² M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 1 kali <i>spin coating</i>	71
Gambar 4.17. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat 10 ⁻³ M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 1 kali <i>spin coating</i>	72
Gambar 4.18. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> /Pt untuk pelapisan TiO ₂ 2 kali <i>spin coating</i>	75
Gambar 4.19. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat 10 ⁻¹ M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 2 kali <i>spin coating</i>	76
Gambar 4.20. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat	

10 ⁻² M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 2 kali <i>spin coating</i>	77
Gambar 4.21. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat	
10 ⁻³ M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 2 kali <i>spin coating</i>	78
Gambar 4.22. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> /Pt untuk pelapisan	
TiO ₂ 3 kali <i>spin coating</i>	80
Gambar 4.23. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat	
10 ⁻¹ M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 3 kali <i>spin coating</i>	81
Gambar 4.24. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat	
10 ⁻² M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 3 kali <i>spin coating</i>	82
Gambar 4.25. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat	
10 ⁻³ M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 3 kali <i>spin coating</i>	83
Gambar 4.26. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> /Pt untuk pelapisan	
TiO ₂ 4 kali <i>spin coating</i>	85
Gambar 4.27. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat	
10 ⁻¹ M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 4 kali <i>spin coating</i>	86
Gambar 4.28. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat	
10 ⁻² M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 4 kali <i>spin coating</i>	87
Gambar 4.29. Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> + Fe (III) sulfat	
10 ⁻³ M/Pt untuk pelapisan TiO ₂ 4 kali <i>spin coating</i>	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Solar Radiation Spectrum</i>	102
Lampiran 2	Spektra UV-Vis: (a) <i>Dye</i> daun lidah mertua, daun pandan, dan daun jati cina, (b) <i>Dye</i> bunga rosella, kembang sumba, dan buah naga, (c) <i>Dye</i> ketan hitam, kulit joho, dan kayu secang	103
Lampiran 3	Spektra UV-Vis <i>Dye</i> Ketan Hitam dan <i>Dye</i> Ketan Hitam doping Fe (III) sulfat	104
Lampiran 4	Spektra FTIR Ekstrak Ketan Hitam dan Ketan Hitam doping Fe (III) sulfat.....	105
Lampiran 5	Kurva <i>I-V</i> Elektrolit: (a) NaI + I ₂ , (b) KI + I ₂	107
Lampiran 6	Kurva konduktivitas: (a) <i>Dye</i> ekstrak daun lidah mertua, daun pandan, dan daun jati cina, (b) <i>Dye</i> bunga rosella, kembang sumba, dan buah naga, (c) <i>Dye</i> ketan hitam, kulit joho, dan kayu secang	108
Lampiran 7	Kurva <i>I-V</i> konduktivitas <i>Dye</i> dan <i>Dye</i> doping logam Fe (III) sulfat...	109
Lampiran 8.	Kurva <i>I-V</i> DSSC <i>Dye</i> Organik Alam Pada Perendaman 12 Jam dan 24 Jam.....	111
Lampiran 9	Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> /Pt untuk pelapisan TiO ₂ 1 kali <i>spin coating</i>	114
Lampiran 10	Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> /Pt untuk pelapisan TiO ₂ 2 kali <i>spin coating</i>	117
Lampiran 11	Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> /Pt untuk pelapisan TiO ₂ 3 kali <i>spin coating</i>	120
Lampiran 12	Kurva <i>I-V</i> fotosensitizer FTO/TiO ₂ / <i>dye</i> /Pt untuk pelapisan TiO ₂ 4 kali <i>spin coating</i>	123
Lampiran 13	Biodata Penulis... ..	126